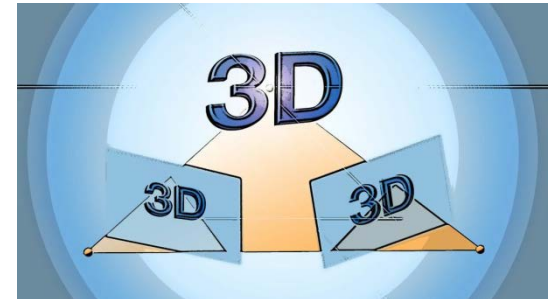


Martin Kleinsteuber: Computer Vision

Kap. 1 – Wissenswertes über Bilder

4. Korrespondenzschätzung für Merkmalspunkte



Korrespondenzschätzung

Problemstellung

- Gegeben sind zwei Bilder $I_1: \Omega_1 \rightarrow \mathbb{R}, I_2: \Omega_2 \rightarrow \mathbb{R}$ derselben 3D-Szene
- Finde Paare von Bildpunkten $(x^{(i)}, y^{(i)}) \in \Omega_1 \times \Omega_2$, die zu gleichen 3D-Punkten korrespondieren.



Korrespondenzschätzung

Problemstellung

- In dieser Session: Korrespondenzen für Merkmalspunkte in I_1 und I_2
- Habe Merkmalspunkte $\{x_1, \dots, x_n\} \subset \Omega_1$ und $\{y_1, \dots, y_n\} \subset \Omega_2$
- Finde passende Paare von Merkmalspunkten

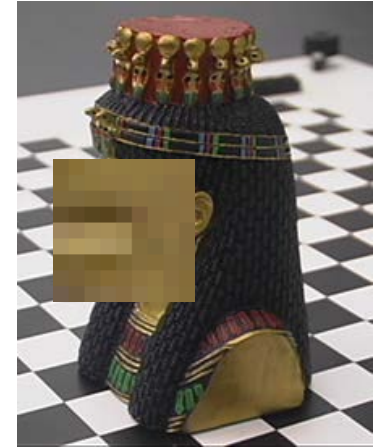
Naive Lösung des Problems

Sum of squared differences (SSD)

- Betrachte Bildausschnitte V_i um x_i und W_i um y_i in Matrixdarstellung und vergleiche die Intensitäten



d (,)



Sum of Squared Differences (SSD)

Formelle Beschreibung

- Ein Kriterium: $d(V, W) = \|V - W\|_F^2$
- Dabei ist $\|A\|_F^2 = \sum_{kl} A_{kl}^2$ die quadrierte Frobeniusnorm
- Finde zu V_i das W_j mit $j = \arg \min_{k=1, \dots, n} d(V_i, W_k)$
- Annahme: Wenn W_j zu V_i passt, dann auch umgekehrt

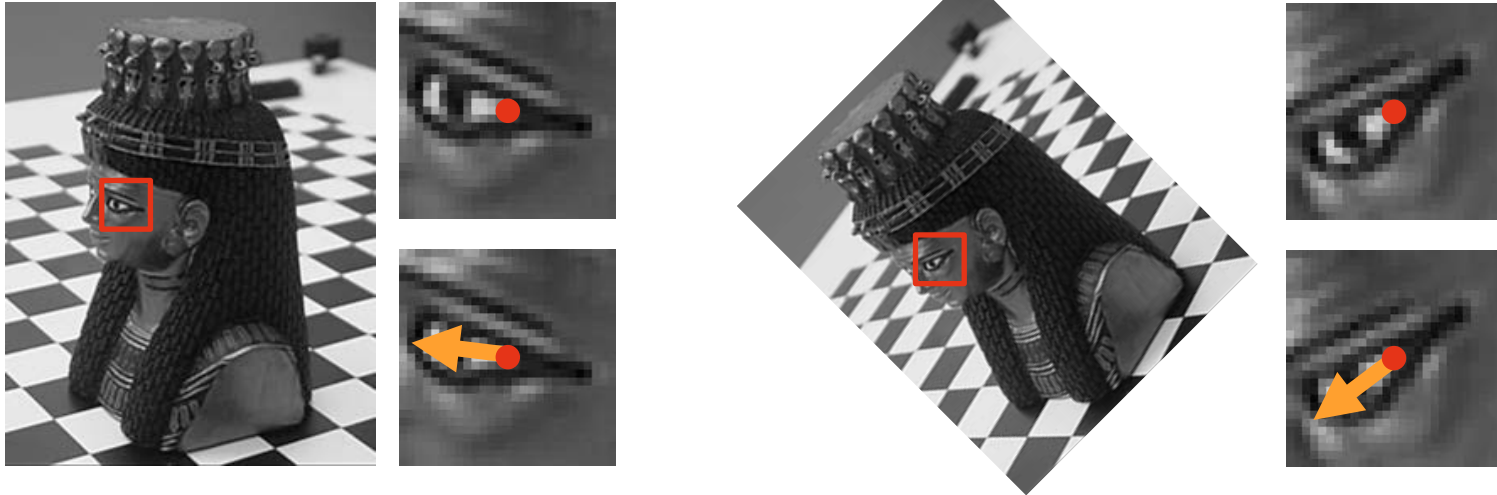
Schwachpunkte der SSD-Methode

Änderungen der Beleuchtung oder Drehungen

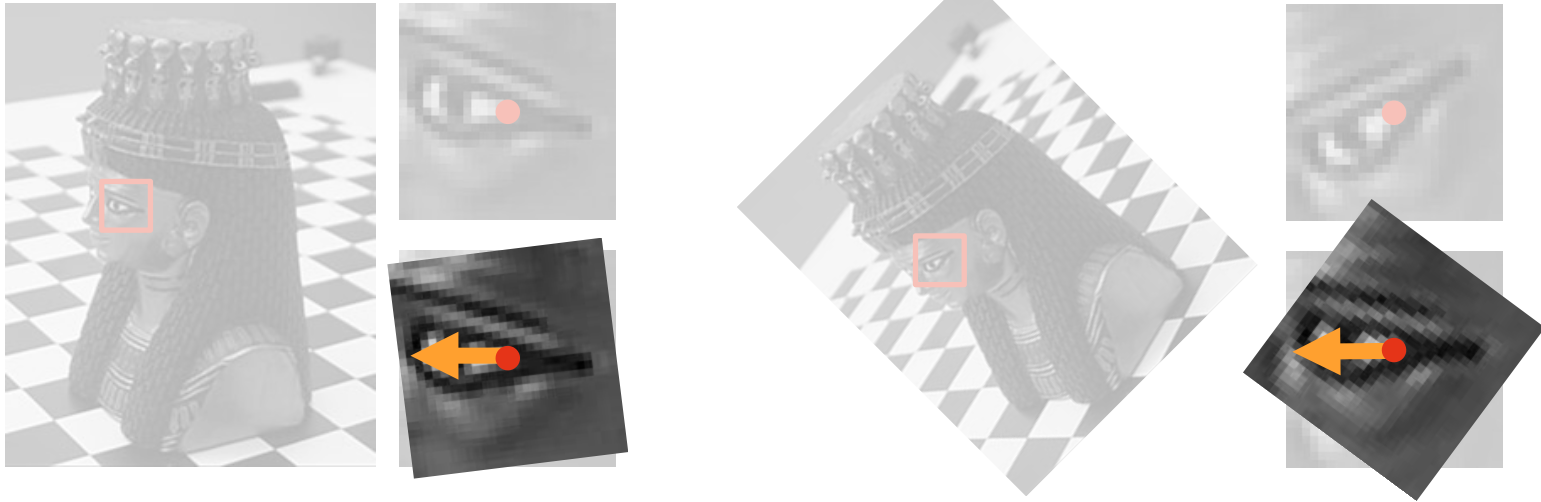


- Normierung von Intensität und Orientierung benötigt!

Rotationsnormierung mittels Gradientenrichtung



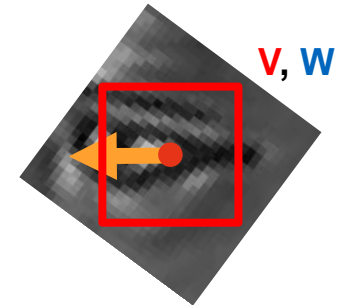
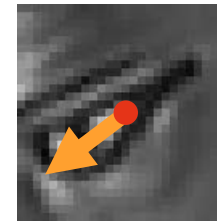
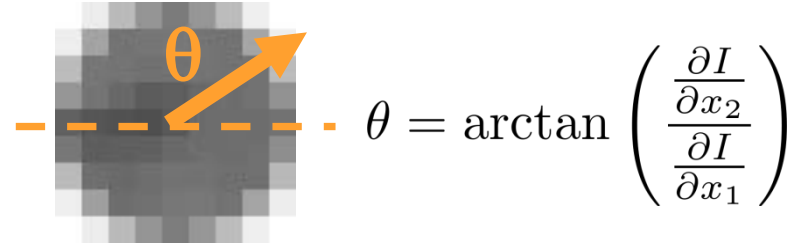
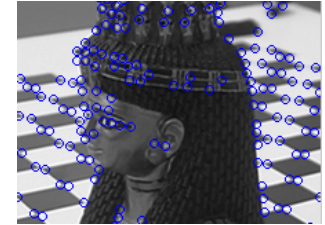
Rotationsnormierung mittels Gradientenrichtung



Rotationsnormierung mittels Gradientenrichtung

■ Vorverarbeitung:

1. Bestimme Gradienten in allen Merkmalspunkten
2. Rotiere Regionen um Merkmalspunkte so, dass Gradient in eine Richtung zeigt.
3. Extrahiere V, W aus rotierten Regionen



Bias-and-Gain-Modell

Modellierung von Kontrast und Helligkeit

- Skalierung der Intensitätswerte (Gain)
mit α
- Verschiebung der Intensitätswerte (Bias)
mit β

■ Gain-Modell: $W \approx \alpha V$

■ Bias-Modell: $W \approx V + \beta \mathbf{1}\mathbf{1}^\top$

$$\mathbf{1} = (1, \dots, 1)^\top$$

■ Bias-and-Gain Modell: $W \approx \alpha V + \beta \mathbf{1}\mathbf{1}^\top$



Skalierung bewirkt
Kontraständerung



Verschiebung bewirkt
Helligkeitsänderung

Bias-and-Gain-Modell

Berechnung des Mittelwerts

- Mittelwertbildung der Intensität

$$\begin{aligned}\overline{W} &= \frac{1}{N} (\mathbb{1} \mathbb{1}^\top W \mathbb{1} \mathbb{1}^\top) \\ &\approx \frac{1}{N} (\mathbb{1} \mathbb{1}^\top (\alpha V + \beta \mathbb{1} \mathbb{1}^\top) \mathbb{1} \mathbb{1}^\top) \\ &= \alpha \frac{1}{N} (\mathbb{1} \mathbb{1}^\top V \mathbb{1} \mathbb{1}^\top) + \beta \mathbb{1} \mathbb{1}^\top \\ &= \alpha \overline{V} + \beta \mathbb{1} \mathbb{1}^\top\end{aligned}$$

- Subtraktion der Mittelwertmatrix

$$\begin{aligned}W - \overline{W} &\approx \alpha V + \beta \mathbb{1} \mathbb{1}^\top - (\alpha \overline{V} + \beta \mathbb{1} \mathbb{1}^\top) \\ &= \alpha (V - \overline{V})\end{aligned}$$

Bias-and-Gain-Modell

Berechnung der Standardabweichung

- Standardabweichung der Intensität

$$\begin{aligned}\sigma(W) &= \sqrt{\frac{1}{N-1} \|W - \overline{W}\|_F^2} \\ &= \sqrt{\frac{1}{N-1} \operatorname{tr} \left((W - \overline{W})^\top (W - \overline{W}) \right)} \\ &\approx \sqrt{\frac{1}{N-1} \operatorname{tr} \left(\alpha (V - \overline{V})^\top \alpha (V - \overline{V}) \right)} \\ &= \alpha \sigma(V)\end{aligned}$$

Bias-and-Gain-Modell

Kompensation von Bias und Gain

- Normalisierung der Bildsegmente durch
 1. Subtraktion des Mittelwertes
 2. Division durch Standardabweichung

$$\begin{aligned} W_n &:= \frac{1}{\sigma(W)} (W - \bar{W}) \\ &\approx \frac{1}{\alpha \sigma(V)} (\alpha (V - \bar{V})) \\ &= \frac{1}{\sigma(V)} (V - \bar{V}) \\ &=: V_n \end{aligned}$$

Normalized Cross Correlation (NCC)

Herleitung aus SSD

- SSD von zwei normalisierten Bildsegmenten

$$\|V_n - W_n\|_F^2 = 2(N - 1) - 2\text{tr}(W_n^\top V_n)$$

- Die Normalized Cross Correlation der beiden Bildsegmente ist definiert als $\frac{1}{N-1}\text{tr}(W_n^\top V_n)$

- Es gilt $-1 \leq \text{NCC} \leq 1$

- Zwei normalisierte Bildsegmente sind sich ähnlich, wenn
 - SSD klein (wenig Unterschiede)
 - NCC nahe bei +1 (hohe Korrelation)

Zusammenfassung

Korrespondenzschätzung von Merkmalspunkten

- Finde Merkmale in Bild 1 und Bild 2
- Kompensiere Rotation durch Ausrichten des Gradienten für jeden Merkmalspunkt
- Extrahiere Bildsegment um jeden Merkmalspunkt
- Beleuchtungskompensation durch Normierung der Bildsegmente
- Vergleiche die normalisierten Bildsegmente durch SSD oder NCC